



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 101 36 939 A 1**

51 Int. Cl. 7:  
**G 01 R 35/04**  
G 01 R 22/00  
G 01 R 19/252

21 Aktenzeichen: 101 36 939.5  
22 Anmeldetag: 20. 7. 2001  
43 Offenlegungstag: 6. 2. 2003

DE 101 36 939 A 1

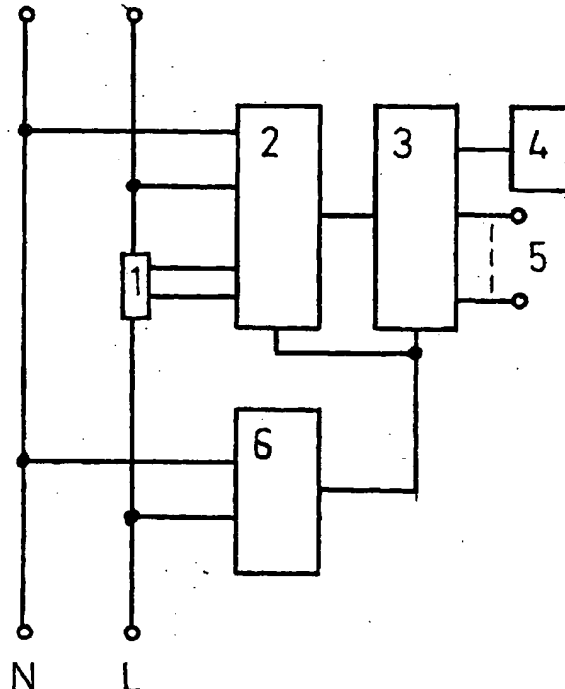
71 Anmelder:  
Enseco GmbH, 81379 München, DE  
74 Vertreter:  
Samson & Partner, Patentanwälte, 80538 München

72 Erfinder:  
Meyer, Gerhard, Dr.-Ing., 16356 Eiche, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Einrichtung zur Messung des fließenden elektrischen Stromes in mindestens einem elektrischen Leiter und Verfahren zur Fehlerkorrektur von solchen Einrichtungen

57 Die Erfindung betrifft Einrichtungen zur Messung des fließenden elektrischen Stromes in mindestens einem elektrischen Leiter, der mit wenigstens einem elektrischen Verbraucher verbunden ist, und Verfahren zur Fehlerkorrektur von Einrichtungen zur Messung des fließenden elektrischen Stromes in mindestens einem elektrischen Leiter, der mit wenigstens einem elektrischen Verbraucher verbunden ist, und wobei die Messwerte in eine dem Messwert äquivalente elektrische Impulsfolge gewandelt werden. Diese zeichnen sich besonders durch die Möglichkeiten der Fehlerkorrektur und Kalibrierung aus. Die Fehlerkorrektur basiert auf einer selbstlernenden Struktur in den Einrichtungen, wobei aus einer Korrekturtabelle der für die Einrichtung zutreffende oder nächstliegende Fehlerkorrekturwert bestimmt, ausgewählt und in eine Steuer- und Verarbeitungseinrichtung nichtveränderbar so übernommen wird, dass bei jeder Messung dieser Fehlerkorrekturwert während der aktuellen Messungen berücksichtigt wird. Dabei werden innerhalb eines festgelegten Zeitintervalls die Ausgangsimpulsfolge hinsichtlich ihrer Impulszahl in geeignet kleinen Iterationsschritten jeweils soviel Impulse der Eingangsimpulsfolge abgezogen oder hinzugefügt, dass eine nominelle Impulszahl gleich groß ist.



DE 101 36 939 A 1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft Einrichtungen zur Messung des fließenden elektrischen Stromes in mindestens einem elektrischen Leiter, der mit wenigstens einem elektrischen Verbraucher verbunden ist, und Verfahren zur Fehlerkorrektur von Einrichtungen zur Messung des fließenden elektrischen Stromes in mindestens einem elektrischen Leiter, der mit wenigstens einem elektrischen Verbraucher verbunden ist, und wobei die Messwerte in eine dem Messwert äquivalente elektrische Impulsfolge gewandelt werden.

[0002] Stromzähler sind unter anderem als Ferrariszähler bekannt. Dabei läuft eine drehbar gelagerte Ankerscheibe aus Aluminium zwischen den Polen zweier Elektromagnete hindurch, von denen einer die Stromstärkespule und der andere die Spannungsspule trägt. Die Felder dieser Magneten bilden ein Wanderfeld aus, so dass die Ankerscheibe in Bewegung gesetzt wird. Ein Dauermagnet ruft ein Bremsmoment hervor. Die Umdrehungen der Scheibe sind der Arbeit proportional und werden durch ein Zählwerk angezeigt. Der Nachteil liegt in der bewegten Ankerscheibe, so dass ein lageunabhängiger Einbau eines solchen Zählers nicht möglich ist. Die Eichung kann erst nach Erreichen des dynamischen Betriebs erfolgen. Eine Manipulierbarkeit des Zählers ist nicht ausgeschlossen.

[0003] Eine erste Gruppe von Lösungen, die diese Nachteile vermeiden, sind einfach aufgebaute und nichteichfähige elektronische Energiezähler. Diese Stromkostenzähler dienen einer groben Erfassung des Verbrauchs an elektrischer Energie, z. B. der annähernden Messung des elektrischen Energieverbrauches eines Gerätes im Haushalt.

[0004] Eine derartige Lösung ist unter anderem in der DE OS 36 19 053 A1 (Stromkostenzähler) aufgeführt. Bei dieser Lösung erfolgt nur die Erfassung des Stromverbrauches über einen in die Zuleitung geschalteten Messwiderstand. Die stromäquivalente Spannung wird verstärkt, in eine äquivalente Frequenz umgesetzt und über einen Zähler einer Anzeige zugeführt. Mit dieser Lösung kann die verbrauchte Energie nur annähernd bestimmt werden.

[0005] Eine ähnliche Lösung ist in der DE OS 37 43 034 A1 (Elektrisches und/oder elektronisches Installationsgerät) zu finden. Hauptaugenmerk der beschriebenen Lösung gilt den einsatzfähigen Gehäusemöglichkeiten und nicht der Auswerteschaltung.

[0006] Eine zweite Gruppe elektronischer Energiezähler zeichnen sich durch ihre Eichfähigkeit aus. Ein derartiger Energiezähler ist unter anderem durch die DE OS 196 06 927.0 A1 (Elektronische Energiezähler) bekannt. Dabei werden ein stromäquivalenter Spannungswert, der an einem in die Phase geschalteten Widerstand anliegt, und die am Verbraucher anliegende Spannung gleichzeitig über zwei Analog-Digital-Umsetzer in jeweils ein digitales Signal umgesetzt. Über einen digitalen Multiplizierer und einen nachgeschalteten Leistungs-Frequenz-Wandler entsteht eine Impulsfolge, die dem Produkt der Spannungen äquivalent ist. Mit einer extern einstellbaren Referenzspannung ist die Eichfähigkeit dieser Messschaltung gegeben. Diese Impulsfolge wird unter anderem auf einen elektronischen Zähler geschaltet, der mit einem Rollenzähler verkoppelt ist. Damit ist eine ständige Ablesbarkeit der verbrauchten Leistung gegeben. Die Referenzspannung muss für jeden Energiezähler separat eingestellt werden, so dass eine automatische Herstellung weitestgehend nicht möglich ist.

[0007] Hauptaugenmerk der DE OS 198 42 241 A1 (Elektrizitätszähler und Eingangsbaustein für einen Elektrizitätszähler) gilt einem hoch integrierten Eingangsbaustein, der universell für verschiedenste Anwendungen eingesetzt werden kann. Damit ist es möglich, für eine nachfolgende

Signalverarbeitung standardmäßige Prozessoren oder digitale Signalprozessoren einzusetzen. Diese Prozessoren beinhalten Speicher, in denen Parameter und/oder Betriebseinstellungen und/oder sonstige für den Betrieb vorgegebene oder einstellbare Daten gespeichert oder speicherbar sind. Auf eine Wirkungsweise insbesondere der Daten der Parameter und/oder Betriebseinstellungen wird nicht näher eingegangen.

[0008] In der DE PS 197 13 120 C1 (Elektrizitätszähler) ist ein Elektrizitätszähler für Mehrphasennetze aufgeführt. Dabei werden die Spannungs- und Stromsignale über jeweils einen Signalkanal einer digitalen Signalverarbeitungseinrichtung zugeführt. Jeder der beiden Signalkanäle weist einen Multiplexer mit einem nachgeschalteten Analog-Digital-Wandler auf. Die Multiplexer dienen dem Zuschalten der zusammengehörigen Strom- und Spannungswerte der jeweiligen Phase, so dass ein einfacher Aufbau eines Mehrphasenzählers vorhanden ist. Auf eine Kalibrierung wird nicht näher eingegangen.

[0009] Der in den Patentansprüchen 1 und 7 angegebenen Erfindung liegt das Problem zugrunde, fehlerkorrigierte und kalibrierte Einrichtungen zur Messung des fließenden elektrischen Stromes und Verfahren zur Kalibrierung und Fehlerkorrektur von solchen Einrichtungen zu schaffen.

[0010] Dieses Problem wird mit den in den Patentansprüchen 1 und 7 aufgeführten Merkmalen gelöst. Die Einrichtungen zur Messung des fließenden elektrischen Stromes in mindestens einem elektrischen Leiter, der mit wenigstens einem elektrischen Verbraucher verbunden ist, zeichnen sich besonders durch die Möglichkeiten der Fehlerkorrektur und Kalibrierung aus. Das basiert auf einer softwaregesteuerten und die Fehlerkorrektur und die Kalibrierung übernehmenden Steuer- und Verarbeitungseinrichtung. Dadurch ist es weiterhin möglich, die Fehler jeweils unabhängig von weiteren Anordnungen innerhalb des elektronischen Energiezählers zu kompensieren.

[0011] Die Fehlerkorrektur basiert auf einer selbstlernenden Struktur in den Einrichtungen selbst, wobei aus einer Korrekturtabelle der für die Einrichtung zutreffende oder nächstliegende Fehlerkorrekturwert bestimmt, ausgewählt und in die Steuer- und Verarbeitungseinrichtung nichtveränderbar so übernommen wird, dass bei jeder Messung dieser Fehlerkorrekturwert während der aktuellen Messungen berücksichtigt wird. Dabei werden innerhalb eines festgelegten Zeitintervalls die Ausgangsimpulsfolge hinsichtlich ihrer Impulszahl in geeignet kleinen Iterationsschritten jeweils soviel Impulse der Eingangsimpulsfolge abgezogen oder hinzugefügt, dass eine nominelle Impulszahl gleich groß ist. Um den Fehlerkorrekturwert zu ermitteln, ist keine Referenzeinrichtung sondern nur eine elektronische Quelle notwendig, die innerhalb der Kalibrierzeit einen virtuellen Wert hoher Konstanz besitzt. Damit ist die Fertigung der Einrichtungen ohne manuelle Eingriffe vollständig automatisierbar.

[0012] Dabei wird weder eine Verstellung noch eine andere Manipulation sondern nur ein innerer Softwarezuordnungsalgorithmus vorgenommen.

[0013] In eine Speichereinheit der Steuer- und Verarbeitungseinrichtung können auch weitere Daten eingeschrieben werden, die die Einrichtungen näher bestimmen und den aktuellen Stromfluss zuordnen, z. B. entsprechend verschiedener Tarife oder Lieferverträge von unterschiedlichen Anbietern.

[0014] Alle wichtigen Daten befinden sich in einem nichtflüchtigen Speicher des Speichers der Steuer- und Verarbeitungseinrichtung, so dass bei einem Stromausfall die Daten nicht verloren gehen. Die erfindungsgemäßen Einrichtungen zeichnen sich weiterhin dadurch aus, dass z. B. die Abnahme elektrischer Energie messtechnisch erfasst und lokal

angezeigt werden können. Die Zuordnung von Kosten zu Einzelverbrauchern, Anlagensystemen und Maschinen sind spezifisch abrechenbar. Gleichzeitig ist damit ein Instrument für eine individuelle Beurteilung der einzelnen Verbraucher gegeben. Damit ist insbesondere in Gewerbe- und Büroeinrichtungen die nutzerspezifische Zuordnung der Energiekosten möglich. Eine detaillierte und zuordenbare Kostenerfassung ist bei der Maschinenverschleißermittlung, in Messarealen, in Freizeit- und Hotelbereichen, in elektrischen Energietankstellen für Land- und Wasserfahrzeuge, in Marktbereichen und in Campinganlagen möglich.

[0015] Die Einrichtungen verfügen weiterhin über wenigstens eine Schnittstelle, mit der unter anderem bidirektional Messdaten, Geräteummern, Spitzenverbrauch, Tarife und Kosten übertragbar sind.

[0016] Die erfindungsgemäßen Einrichtungen zeichnen sich weiterhin durch seinen lageunabhängigen Betrieb aus.

[0017] Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass diese auch so ausgestaltbar sind, dass über galvanisch von der Messelektronik getrennte Ein- und Ausgänge eine externe Ablesbarkeit möglich ist. Die Verfahren zur Fehlerkorrektur von Einrichtungen zur Messung des fließenden elektrischen Stromes in mindestens einem elektrischen Leiter, der mit wenigstens einem elektrischen Verbraucher verbunden ist, und wobei die Messwerte in eine dem Messwert äquivalente elektrische Impulsfolge gewandelt werden, zeichnen sich vor allem dadurch aus, dass ein ihn zugrunde liegender Messfehler korrigierbar ist.

[0018] Dabei wird in einem Speicher wenigstens eine Korrekturtabelle zur Korrektur eines möglichen Fehlerfensters eingeschrieben. Durch Anlegen eines virtuellen Wertes, z. B. der Leistung, mittels eines Kalibrators wird ein definierter Arbeitspunkt der Einrichtung festgelegt, bei der die fehlerbehaftete Einrichtung eine Ausgangsimpulsfolge abgibt, die im Fehlerfenster liegt. Anhand einer vorliegenden inneren Zeitbasis wird die fehlerhafte Größe der Impulsfolge gezählt und mit einer in dem Speicher vorgegebenen den Fehler gleich Null entstehenden Impulsfolge intern verglichen. Das Ergebnis dieses Vergleichs bewirkt in der Steuer- und Verarbeitungseinrichtung die Adressierung eines nächst günstigen oder den Fehlerkorrekturwert. Dieser wird in ein Korrekturregister der Steuer- und Verarbeitungseinrichtung implementiert. Durch dieses Verfahren ist eine selbstlernende und automatische Kalibrierung von vorhandenen Fehlern gegeben. Mit diesem Verfahren lässt sich eine Serienfertigung vollständig automatisieren, so dass ökonomisch günstig kalibrierte erfindungsgemäße Einrichtungen fertigbar sind.

[0019] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Patentansprüchen 2 bis 6, 8 und 9 angegeben.

[0020] Die Weiterbildungen der Patentansprüche 2 und 8, wobei die Anordnung mit dem mindestens einen elektrischen Leiter und einem Bezugspotenzial in Form z. B. des Nullleiters so zusammengeschaltet ist, dass eine Anordnung vorhanden ist,

- die neben dem elektrischen Strom gleichzeitig die Messung der anliegenden elektrischen Spannung ermöglicht und
- die weiterhin eine die Messwerte des fließenden elektrischen Stromes und der dazu anliegenden elektrischen Spannungen in äquivalente elektrische Impulsfolgen der Leistung wandelt.

[0021] Mit dem niederohmigen Messwiderstand, der Anordnung, der Steuer- und Verarbeitungseinrichtung und der Stromversorgungseinrichtung ist vorteilhafterweise ein elektronischer Energiezähler gegeben.

[0022] Die Weiterbildung des Patentanspruchs 3 führt zu einer Einrichtung mit einer oder mehrerer Tabellen mit Fehlerkorrekturwerten zur Korrektur eines möglichen Fehlerfensters der Anordnung im Speicher der Steuer- und Verarbeitungseinrichtung. Diese Einrichtungen besitzen eine selbstlernende Struktur, die eine automatische Kalibrierung ermöglicht.

[0023] Eine Verteilung der zu unterdrückenden Impulse über den gesamten Bereich des Messintervalls nach den Weiterbildungen der Patentansprüche 4 und 9 führt zu einer Verkürzung des Zeitraums bei der Fehlerkorrektur. Für einen sehr kurzen Zeitabschnitt und kleinen Fehlerstrom würde man ansonsten einen unkorrigierten Wert erhalten. Gleichzeitig sinkt die Zeit für die Kalibrierung der Einrichtungen während der Inbetriebnahme und Kalibrierung. Die Fertigungszeit wird wesentlich gesenkt und damit die Verweildauer der Messanlage mit hoher Abschreibungsrate, die schließlich den Preis des Zählers erhöht.

[0024] Die Anordnung aus den Analog-Digital-Umsetzern, dem digitalen Multiplizierer und dem Leistungs-Frequenz-Wandler nach der Weiterbildung des Patentanspruchs 5 liefert eine dem aktuellen Leistungswert äquivalente weiterverarbeitbare Impulsfolge. Diese ist voll elektronisch ausgeführt und damit lageunabhängig betreibbar.

[0025] Mit mehreren der Zahl der elektrischen Leiter zu wenigstens einem Verbraucher entsprechenden niederohmigen Messwiderständen, wobei jeweils ein niederohmiger Messwiderstand mit einer Anordnung verbunden und die Anordnungen mit einer Verarbeitungseinheit zusammengeschaltet sind, nach der Weiterbildung des Patentanspruchs 6 ist ein fehlerkorrigierter und kalibrierbarer elektronischer Energiezähler für Mehrphasennetze vorhanden.

[0026] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im folgenden näher beschrieben.

[0027] Es zeigen:

[0028] Fig. 1 ein Blockschaltbild einer Einrichtung als elektronischer Energiezähler für Einphasennetze und

[0029] Fig. 2 ein Blockschaltbild einer Einrichtung als elektronischer Energiezähler für Dreiphasennetze.

[0030] In den folgenden Ausführungsbeispielen werden sowohl Einrichtungen als elektronische Energiezähler für Ein- und Mehrphasennetze als auch Verfahren zur Kalibrierung und Fehlerkorrektur zusammen näher erläutert.

#### 1. Ausführungsbeispiel

[0031] Eine Einrichtung als elektronischer Energiezähler für Einphasennetze besteht in einem ersten Ausführungsbeispiel aus den Grundbestandteilen

- eine Anordnung 2 mit einem mit der elektrischen Leiter/Phase L und dem Nullleiter N verbundenen ersten Analog-Digital-Umsetzer, einem mit zwei Abgriffen zur Abnahme des stromäquivalenten Spannungsabfalls eines im Stromleiter geschalteten niederohmigen Messwiderstands 1, der an seinen beiden Abgriffen eine stromproportionale Spannung abgibt, wobei dieser vorteilhafterweise eine niederohmige Quelle ist und von magnetischen und thermischen Störbeeinflussungen unempfindlich wirkt, verbundenen zweiten Analog-Digital-Umsetzers oder auch einer Stromwandler-schaltung, deren Ausgangsspannung proportional des fließenden Stromes ist, einem den Analog-Digital-Umsetzern nachgeschalteten digitalen Multiplizierer oder einen anderen Schaltungsanordnung, bei der die Ausgangsspannung des ersten Analog-Digital-Umsetzers die Referenzspannung des zweiten Analog-Digital-

Umsetzers bildet und sonst die Multiplikation der beiden Messfaktoren durchführt und einem Leistungs-Frequenz-Wandler,

- einer Steuer und Verarbeitungseinrichtung 3 z. B. in Form eines Mikrorechner, Mikrocontrollers oder einer programmierbaren Logik mit mindestens einem Speicher,
- einer Anzeigeeinrichtung 4,
- mindestens einer Schnittstelle 5 und
- einer Stromversorgungseinrichtung 6.

[0032] Die Anordnung 2 zur Messung der aktuellen Spannung und des zeitgleich fließenden elektrischen Stromes, der Multiplikation und der Leistungs-Frequenz-Wandlung ist bekannt. Die Analog-Digital-Umsetzer, der Multiplizierer und der Leistungs-Frequenz-Wandler sind dabei im wesentlichen Bestandteile eines elektronischen Bauelements in Form eines elektronischen Schaltkreises, auf dessen Chip die wesentlichen Funktionen untergebracht sind. In der Fig. 1 sind dementsprechend diese Bestandteile als eine Anordnung 2 dargestellt.

[0033] Der Ausgang der Anordnung 2 ist mit der Steuer- und Verarbeitungseinrichtung 3 verbunden. Dabei handelt es sich vorteilhafterweise um einen 8-Bit-Mikrorechner mit einem RISC-Mikroprozessor in CMOS-Technologie, einem nichtflüchtigen Speicher in Form eines EEPROMs zur Datensicherung, einem flüchtigen Speicher in Form eines RAMs als Arbeitsspeicher und mehreren Ein-/Ausgängen, wobei mehrere interruptfähige Eingänge sind.

[0034] Die Anordnung 2 besitzt einen Fehler von  $\pm 10\%$  als Fehlerfenster, ein Fehler von  $10\%$  entspricht 1.150 bis 1.265 Impulsen. Die Steuer- und Verarbeitungseinrichtung 3 dient der Fehlerkorrektur und der Kalibrierung des jeweils aktuellen Messwerts sowie der Steuerung des Gesamtsystems. Die Impulsfrequenz entspricht einem Wert von 900.000 Impulsen/kWh abgegebener Leistung.

[0035] Im nichtflüchtigen Speicher der Steuer- und Verarbeitungseinrichtung 3 sind die Korrekturtabellen zur Korrektur des möglichen Fehlerfensters eingeschrieben. Durch Anlegen einer virtuellen Leistung mittels eines Kalibrators liegt ein definitiver Arbeitspunkt des Energiezählers fest (Dauergrenzlastfaktor), bei dem der fehlerbehaftete elektronische Energiezähler eine Ausgangsimpulsfolge abgibt, die im Fehlerfenster liegt. Anhand der vorliegenden inneren Zeiteinheit wird die fehlerhafte Größe der Impulsfolge gezählt und mit einer in dem Speicher vorgegebenen dem Fehler gleich Null entstehenden Impulsfolge intern verglichen. Das Ergebnis des Vergleichs bewirkt in der Steuer- und Verarbeitungseinrichtung 3 die Adressierung des nächst günstigsten oder des Fehlerkorrekturwertes und schreibt diesen in ein Korrekturregister der Steuer- und Verarbeitungseinrichtung 3 ein. In einem zweiten Schritt kann nach Korrektur der Impulsfolge die korrigierte Impulsfolge festgestellt und nochmals geprüft werden, ob diese mit einem günstigeren Fehlerkorrekturwert weiter zu verkleinern ist.

[0036] Der Fehlerkorrekturwert ist sind alle die Impulse, die für die weitere Verarbeitung unterdrückt oder hinzugefügt werden, die in Bezug auf die genannten 900.000 Impulse/kWh zu viel oder zu wenig sind. Der Messbereich wird in n Intervalle eingeteilt. Die zu unterdrückenden Impulse werden über die n Intervalle innerhalb der Messzeit weitgehend gleichverteilt. Ansonsten würde man für einen sehr kurzen Zeitabschnitt und kleinen Fehlerstrom einen unkorrigierten Wert erhalten. Die zu unterdrückenden Impulse sind in den n-1 Intervallen gleichverteilt. Der Rest der zu unterdrückenden Impulse wird im letzten Intervall gleichverteilt unterdrückt oder ergänzt.

[0037] Die Steuer- und Verarbeitungseinrichtung 3 kann

in einer weiteren Ausführungsform wenigstens einer der folgenden Funktionen einzeln oder in Kombinationen dienen:

- Zum Ersten der Ansteuerung einer Schnittstelle 5 in Form z. B. einer SO-Schnittstelle und einer dazugehörigen Anzeige des elektronischen Energiezählers. Es handelt sich um ein Impulsausgänge, die synchron geschaltet werden. Ausgegeben werden 10.000 Impulse/kWh mit einem positiven Restfehler, da eine absolute Gleichverteilung der zu unterdrückenden Impulse im Sinne des oben genannten für viele Anfangsfehlerwerte im wesentlichen nicht möglich ist. Der Restfehler ist aber immer so klein, dass die Fehlerklasse eingehalten wird.
- Zum Zweiten der Ansteuerung einer Betriebsanzeige. Dazu verfügt der elektronische Energiezähler über eine Anzeige in Form einer Lumineszenzdiode. Diese dient der Anzeige ob über den elektronischen Energiezähler ein Strom fließt.
- Zum Dritten der Ansteuerung einer Anzeigeeinrichtung 4 in Form eines mechanischen Zählwerks oder eines Displays, insbesondere ein Flüssigkeitsdisplays. Es können auch mehrere Anzeigeeinrichtungen 4 alternativ angesteuert werden, so dass der elektronische Energiezähler auch als Mehrtarifzähler für mehrere Tarife realisierbar ist.

[0038] Das Impulsverhältnis zwischen dem SO- und dem Zählerausgang an der Steuer- und Verarbeitungseinrichtung 3 beträgt 1000 : 1, d. h. 1 Impuls ist äquivalent zu einer über den elektronischen Energiezähler abgegebenen Energiemenge von 0,1 kWh. Voreingestellt ist immer die Ansteuerung des Ausgangs für einen Tarif. Eine Tarifumschaltung kann über die serielle Schnittstelle 5 des elektronischen Energiezählers erfolgen.

- Zum Vierten der Speicherung und Datensicherung. Dabei können unter anderem folgende weitere Daten einzeln oder in Kombinationen gespeichert werden:
  - die Gerätenummer einschließlich der Jahreszahl,
  - der Zählerstand mehrerer Tarife,
  - der aktuell geschaltete Tarif,
  - den auf ein periodisches Intervall bezogenen Maximalwert, der über den elektronischen Energiezähler abgegebenen Leistung und
  - die über einen beliebig gewählten Zeitraum abgegebene Leistung, die separat von der Tarifzahlung gespeichert wird.

[0039] Im Falle eines Spannungsausfalls müssen alle wichtigen Daten im Speicher stehen, so dass diese nicht verloren gehen. Deshalb werden die zu sichernden Daten immer dann gespeichert, wenn eine Wertänderung erfolgte. Weiterhin wird die Spannung über einen kurzen Zeitraum gepuffert. Der Zeitraum reicht dabei aus, um die Werte, die sich möglicherweise gleichzeitig geändert haben, zu sichern.

[0040] In einer weiteren Variante des elektronischen Energiezählers zum Fünften der Tarifumschaltung, der Maximalwertbestimmung und zeitbezogenen Energiemessung. Die Umschaltung von einem zum anderen Tarif erfolgt softwaregesteuert über Befehle, die die Steuer- und Verarbeitungseinrichtung 3 über die serielle Schnittstelle 5 erhält. Ebenso wird die Maximalwertbestimmung der über ein periodisches Messintervall und die Ein-/Ausschaltung der zeitbezogenen Erfassung der über den elektronischen Energiezähler abgegebenen Energie über die serielle Schnittstelle 5 gesteuert. Auf Anforderung kann der elektronische Energiezähler die

gespeicherten Zählerwerte über diese Schnittstelle 5 senden.  
[0041] In einer weiteren Variante können zum Sechsten auch weitere Schnittstellen 5 vorhanden sein, wie z. B. M-Bus, Z-Bus, RS 485 und/oder Powerline.

[0042] Die Stromversorgungseinrichtung 6 für den elektronischen Energiezähler besitzt einen Transformator oder ist als C-Netzteil ausgeführt. Beide Varianten sind bekannt.  
[0043] Die Messung des fließenden elektrischen Stromes erfolgt über einen bekannten niederohmigen Messwiderstand 1, der in den Leiter/die Phase L zum Verbraucher geschaltet ist.

## 2. Ausführungsbeispiel

[0044] Eine Einrichtung als elektronischer Energiezähler für Dreiphasennetze besteht in einem zweiten Ausführungsbeispiel entsprechend der Darstellung in der Fig. 2 aus den Grundbestandteilen von drei gleiche Anordnungen 2 zur Strom- und Spannungsmessung in dem jeweiligen Leiter/der jeweiligen Phase L1, L2, L3, Bildung des Produkts und des Integrals über die Messzeit und Erzeugung einer der übertragenden elektrischen Arbeit proportionalen Impulsfolge, einer Steuer- und Verarbeitungseinrichtung 3, insbesondere einem Mikrorechner, einem Mikrocontroller, einer programmierbaren Logik, mit wenigstens einem Speicher, einer Anzeigeeinrichtung 4, mindestens einer Schnittstelle 5 und einer Stromversorgungseinrichtung 6. Die drei gleiche Anordnungen 2 als Messsysteme, wobei jede Anordnung 2 ohne galvanische Trennung in dem jeweiligen Leiter/der jeweiligen Phase L1, L2, L3 die Strom- und Spannungsmessung ausführt, das Produkt bildet, das Integral über die Messzeit bildet und eine der übertragenden elektrischen Arbeit proportionalen Impulsfolge mit entsprechenden linearen später zu korrigierenden Messfehler bis zu  $\pm 10\%$  erzeugt. Diese drei gleichartigen Messwertverarbeitungen werden aus der jeweiligen Phase durch die Stromversorgungseinrichtung 6 mit elektrischer Energie versorgt. Die Messwerte in Form einer Impulsfolge werden über einen Optokoppler galvanisch getrennt der Steuer- und Verarbeitungseinrichtung 3, der auf Bezugsbasis Nullleiter N arbeitet, jeweils an einem interruptfähigen Eingang zugeführt und in diesem System wie im ersten Ausführungsbeispiel dargestellt und beschrieben dreikanalig mit dem jeweiligem Korrekturfaktor korrigiert, summiert und für Anzeigeeinrichtungen 4, Zählwerke und Datenschnittstellen 5 entsprechend des ersten Ausführungsbeispiels aufbereitet. Damit ist für jedes der drei Messsysteme ein nichtverlustiger Speicher für die wichtigsten Betriebsdaten und Steueralgorithmen enthalten.

[0045] Die Stromversorgungseinrichtung 6 für diesen elektronischen Energiezähler in Dreiphasensystemen ist in bekannter Weise entweder in einer ersten Ausführungsform mit einem Transformator oder mehreren Transformatoren versehen oder in einer zweiten Ausführungsform transformatorlos als C-Netzteil ausgeführt.

[0046] Die Messung des fließenden elektrischen Stromes zum Verbraucher erfolgt über niederohmige Messwiderstände 1. Diese befinden sich in den Leitern/Phasen L1, L2, L3 zum Verbraucher. Die Realisierung und der Aufbau der niederohmigen Messwiderstände 1 ist bekannt.

## Patentansprüche

1. Einrichtung zur Messung des fließenden elektrischen Stromes in mindestens einem elektrischen Leiter, der mit wenigstens einem elektrischen Verbraucher verbunden ist, mit folgenden Merkmalen:
  - einem in den elektrischen Leiter (L) zum elek-

trischen Verbraucher geschalteten niederohmigen Messwiderstand (1),

- einer mit dem niederohmigen Messwiderstand (1) verbundenen, den im elektrischen Leiter (L) fließenden elektrischen Strom damit messenden und diese Messwerte in äquivalente elektrische Impulsfolgen wandelnden Anordnung (2),

- einer zum Ersten mit der Anordnung (2) verbundenen,

- zum Zweiten die elektrische Impulsfolge in wenigstens einem Messintervall zählenden, den Messfehler als Anzahl von Impulsen aus einer gespeicherten und vorgegebenen Mehrzahl entsprechend eines bei der Kalibrierung mittels eines Kalibrators in wenigstens einem Messintervall gleich Null, annähernd gleich Null oder auf das Minimum setzenden und diese Anzahl von Impulsen oder die Adresse mit dieser Anzahl in ein Register zur Korrektur eines möglichen Fehlerfensters einschreibenden oder adressierenden, diese Anzahl von Impulsen des Messfehlers bei aktuellen Messungen im Messintervall zuordnenden und bei Abweichungen durch Unterdrückung oder Ergänzung der eingeschriebenen oder adressierten Impulsfolge im Messintervall korrigierenden, zum Dritten die Messintervalle aufsummierenden und

- zum Vierten diese Summe nach vorgegebenen Merkmalen zuordnenden Steuer- und Verarbeitungseinrichtung (3).

2. Einrichtung nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung (2) mit dem mindestens einen elektrischen Leiter (L) und einem Bezugspotential/Nullleiter (N) so zusammengeschaltet ist, dass das eine neben dem elektrischen Strom gleichzeitig die anliegende elektrische Spannung messende Anordnung (2) ist, dass das weiterhin eine die Messwerte des fließenden elektrischen Stromes und der dazu anliegenden elektrischen Spannungen in äquivalente elektrische Impulsfolgen der Leistung wandelnde Anordnung (2) ist und dass der niederohmige Messwiderstand (1), die Anordnung (2), die Steuer- und Verarbeitungseinrichtung (3) und die Stromversorgungseinrichtung (6) ein elektronischer Energiezähler ist.

3. Einrichtung nach Patentanspruch 1 oder den Patentansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuer- und Verarbeitungseinrichtung (3) eine oder mehrere Tabellen mit Fehlerkorrekturwerten zur Korrektur eines möglichen Fehlerfensters der Anordnung (2) in einem Speicher enthält, wobei entsprechend einer Zeitbasis die fehlerhafte Größe der Impulsfolge gezählt, mit einer im Speicher vorgegebenen dem Fehler gleich Null entstehenden Impulsfolge verglichen, der günstigste oder ein nächst günstiger Fehlerkorrekturwert adressiert und dieser Fehlerkorrekturwert in ein Korrekturregister der Steuer- und Verarbeitungseinrichtung (3) eingeschrieben wird.

4. Einrichtung nach Patentanspruch 1 oder den Patentansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Messintervall in n Unterintervalle aufgeteilt ist, dass die zu unterdrückenden oder zu ergänzenden Impulse in den n-1 Unterintervallen und dass der Rest der zu unterdrückenden oder zu ergänzenden Impulse insbesondere im letzten Unterintervall gleichverteilt sind.

5. Einrichtung nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung (2) aus einem mit dem Leiter/der Phase (L) und dem Nullleiter (N) verbundenen ersten Analog-Digital-Umsetzer, einem mit

zwei Abgriffen eines in die Phase geschalteten niederohmigen Messwiderstandes (1) verbundenen zweiten Analog-Digital-Umsetzers, einem den Analog-Digital-Umsetzern nachgeschalteten digitalen Multiplizierer und Leistungs-Frequenz-Wandler besteht.

6. Einrichtung nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei mehreren elektrischen Leitern (L1, L2, L3) zu wenigstens einem Verbraucher jeweils ein niederohmiger Messwiderstand (1) in einen elektrischen Leiter (L1, L2, L3) geschaltet ist, dass jeweils ein niederohmiger Messwiderstand (1) mit einer Anordnung (2) verbunden ist und dass die Anordnungen (2) mit einer Steuer- und Verarbeitungseinrichtung (3) zusammengeschaltet sind.

7. Verfahren zur Kalibrierung und Fehlerkorrektur von Einrichtungen zur Messung des fließenden elektrischen Stromes in mindestens einem elektrischen Leiter, der mit wenigstens einem elektrischen Verbraucher verbunden ist, und wobei die Messwerte in eine dem Messwert äquivalente elektrische Impulsfolge gewandelt werden, mit folgenden Schritten:

- Zählung der elektrischen Impulsfolge und Feststellung des Fehlers der Einrichtung innerhalb eines Messintervalls mit einer Referenzquelle in wenigstens einem Messbereich und entsprechend einer Zeitbasis,
- Vergleich mit einer in einem Speicher der Einrichtung vorgegebenen dem Fehler gleich Null entstehenden Impulsfolge,
- Adressierung des günstigsten oder eines nächst günstigsten Fehlerkorrekturwertes aus wenigstens einer Tabelle mit Fehlerkorrekturwerten zur Korrektur eines möglichen Fehlerfensters von Bestandteilen der Einrichtung und
- Einschreiben dieses Fehlerkorrekturwertes in ein Korrekturregister einer Steuer- und Verarbeitungseinrichtung (3) der Einrichtung.

8. Verfahren nach Patentanspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass in einer Anordnung (2) über einen niederohmigen Messwiderstand (1) in wenigstens einen elektrischen Leiter (L) der fließende elektrische Strom zu einem elektrischen Verbraucher und die gegenüber einem Bezugspotential/Nullleiter (N) anliegende elektrische Spannung gemessen und die Messwerte des fließenden elektrischen Stromes und der dazu anliegenden elektrischen Spannung in äquivalente elektrische Impulsfolgen der Leistung gewandelt werden, dass die elektrischen Impulsfolgen gezählt und der Fehler innerhalb eines Messintervalls der Einrichtung gegenüber einer Referenzeinrichtung in wenigstens einem Messbereich ermittelt wird, dass der Messfehler mit einer in einem Speicher der Einrichtung vorgegebenen dem Fehler gleich Null entstehenden Impulsfolge verglichen wird, dass dieser Wert des Fehlers des günstigsten oder eines nächst günstigsten Fehlerkorrekturwertes aus wenigstens einer Tabelle mit Fehlerkorrekturwerten zur Korrektur eines möglichen Fehlerfensters von Bestandteilen der Einrichtung adressiert wird, dass dieser Fehlerkorrekturwert in ein Korrekturregister einer Steuer- und Verarbeitungseinrichtung (3) der Einrichtung eingeschrieben wird und dass die Impulse des Fehlerkorrekturwertes bei aktuellen Messwerten innerhalb des Messintervalls bei Betrieb unterdrückt werden.

9. Verfahren nach einem der Patentansprüche 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Messintervall in n Unterintervalle aufgeteilt wird, dass die zu unterdrückenden oder zu ergänzenden Impulse in den n-1 Unter-

intervallen gleichverteilt sind und dass der Rest der zu unterdrückenden oder zu ergänzenden Impulse insbesondere im letzten Unterintervall erfolgt.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

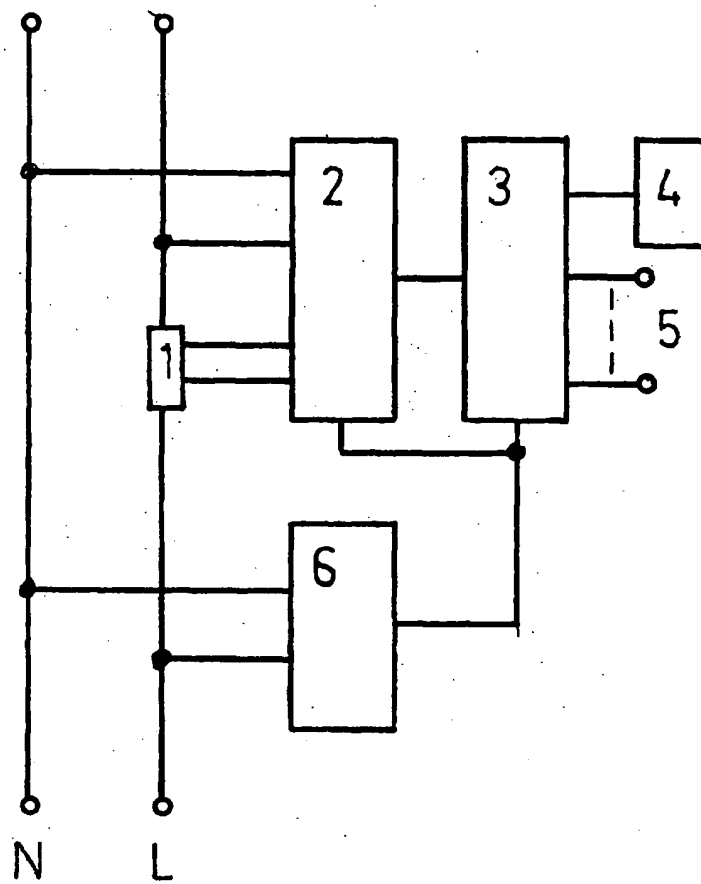


Fig. 1

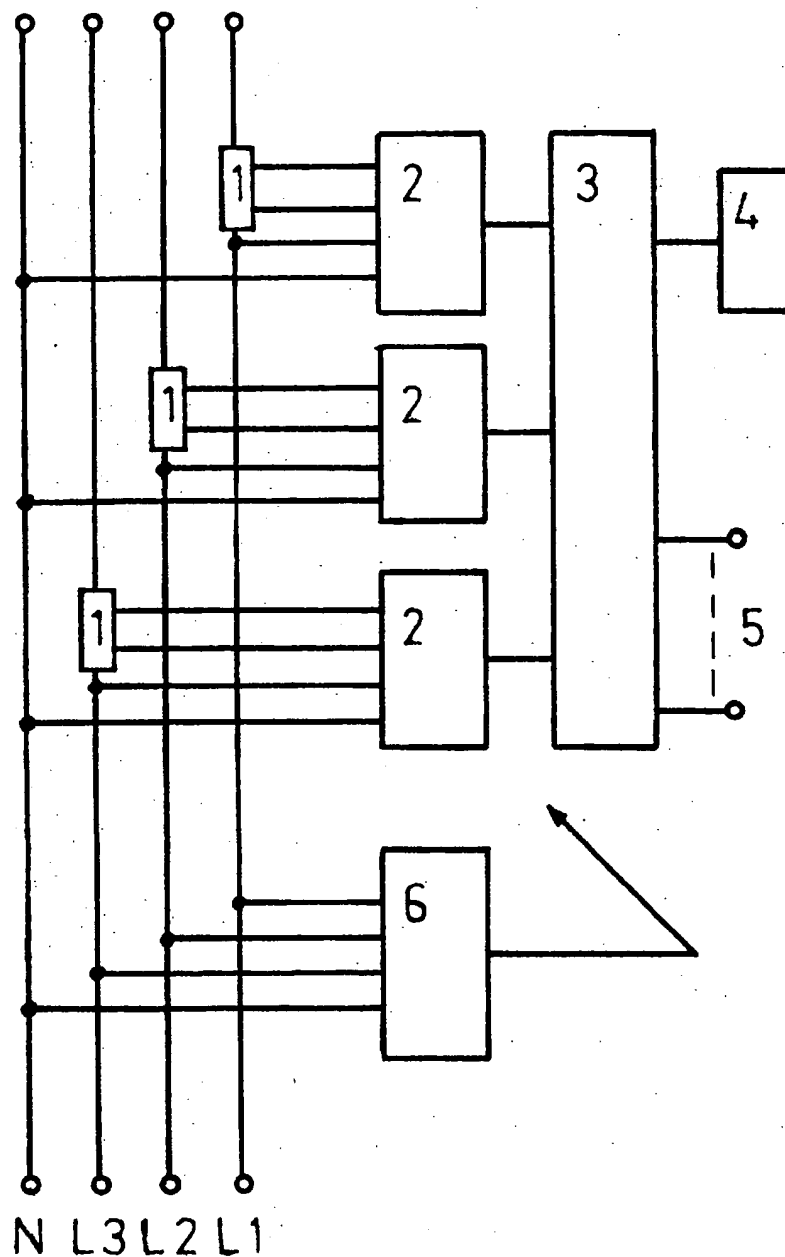


Fig. 2



Our ref.: HP040412PDE

Translation of German-"Offenlegungsschrift" DE 101 36 939 A1

MEANS FOR MEASURING THE FLOWING ELECTRIC CURRENT IN AT LEAST ONE ELECTRIC CONDUCTOR AND ERROR CORRECTION METHOD FOR SUCH MEANS

Description

The present invention relates to means for measuring the flowing electric current in at least one electric conductor connected to at least one electric load, and to methods of error correction of means for measuring the flowing electric current in at least one electric conductor connected to at least one electric load, in which the measurement values are converted to an electric pulse sequence equivalent to the measurement value.

Current meters are also known as Ferraris meters. In such devices, a rotatably supported armature disk of aluminum rotates between the poles of two electric magnets, one thereof carrying the current intensity coil and the other one carrying the voltage coil. The fields of these magnets establish a travelling field so that the armature disk is set into motion. A permanent magnet causes a braking moment. The revolutions of the disk are proportional to work and are indicated by a meter. The disadvantage resides in the moving armature disk, preventing installation of such a meter in position-independent manner. Calibration may be performed only after dynamic operation has been reached. A possibility of manipulating the meter cannot be excluded.

A first group of solutions for avoiding these disadvantages consists in electronic energy meters of simple construction that cannot be calibrated. These electric meters for calculating the costs serve for coarse detection of the electric energy consumed, e.g. the approximate measurement of the electric energy consumption of a household appliance.

Such a solution is indicated among others in DE-OS 36 19 053 A1 (electricity cost meter). This solution performs only the detection of the current consumption via a measurement resistor installed in the supply line. The voltage equivalent to the current is am-

plified, converted to an equivalent frequency and delivered to a display via a meter. This solution permits only an approximate determination of the energy consumed.

A similar solution can be found in DE-OS 37 43 034 A1 (electric and/or electronic installation device). The gist of the solution described consists in the applicable housing possibilities and not in the evaluation circuit.

A second group of electronic energy meters distinguishes itself by its calibration possibility. Such an energy meter is known among others from DE-OS 196 06 927.0 A1 (electronic energy meters). A voltage value equivalent to the current, which is applied to a resistor connected in the phase, and the voltage applied to the load are simultaneously converted to a digital signal each via two analog-to-digital converters. Via a digital multiplier and a power-frequency converter connected downstream thereof, there is created a pulse sequence equivalent to the product of the voltages. An externally adjustable reference voltage allows this measurement circuit to be calibrated. The pulse sequence mentioned, among other things, is connected to an electronic meter coupled to a roll-type meter. This provides for continuous readability of the power consumed. The reference voltage needs to be set for each energy meter separately, so that automatic production is not possible in most cases.

The gist of DE-OS 198 42 241 A1 (electricity meter and input component for an electricity meter) is a high-integration input component which may be utilized in universal manner for a large variety of applications. It is thus possible to use standard processors or digital signal processors for a subsequent signal processing operation. These processors contain memories in which are stored or can be stored parameters and/or operational settings and/or other data settable or adjustable for operation. The mode of operation in particular of the data of the parameters and/or the operational settings is not discussed in more detail.

DE-PS 197 13 120 C1 (electricity meter) indicates an electricity meter for polyphase power systems. Voltage and current signals are fed to a digital signal processing means via a signal channel each. Each of the two signal channels comprises a multiplexer with a downstream analog-to-digital converter. The multiplexers serve to additionally connect the related current and voltage values of the respective phase, so that a simple construction of a polyphase electricity meter is established. Calibration is not discussed in more detail.

The object underlying the invention as indicated in claims 1 and 7 consists in providing error-corrected and calibrated means for measuring the flowing electric current and methods for calibration and error-correction of such means.

This object is met by the features indicated in claims 1 and 7. The means for measuring the flowing electric current in at least one electric conductor connected to at least one electric load distinguish themselves in particular by the possibilities of error correction and calibration. This is due to a software-controlled control and processing means providing for error correction and calibration. Due to this, it is possible furthermore to compensate the errors each time independently of further arrangements within the electronic electricity meter.

The error correction is based on a self-learning structure in the means proper, with the error correction value applicable for the means or the value closest thereto being determined and chosen on the basis of a correction table and being taken over in the control and processing means in invariable manner such that this error correction value is considered in each measurement during the measuring operations taking place at a particular time. In doing so, during a predetermined time interval, there are as many pulses of the input pulse sequence deducted from or added to the output pulse sequence in terms of the pulse number thereof in suitably small iteration steps that a nominal pulse number has the same value. For determining the error correction value, it is not necessary to have a reference means, but only an electronic source having a virtual value of high constancy during the calibration time. The manufacture of the means thus is possible without manual operations in fully automated manner.

In doing so, neither a re-adjustment nor a different manipulation of any kind is performed, but just an internal software assignment algorithm is implemented.

A memory unit of the control and processing means may have further data written therein, defining the means in more detail and assigning the current flow at the particular time, e.g. in accordance with different tariffs or delivery contracts of different suppliers.

All important data are contained in a non-volatile memory means of the memory of the control and processing means, so that the data are not lost in case of power failure. The means according to the invention moreover distinguish themselves in that e.g. the consumption of electric energy can be detected and displayed locally by measurement

technology. The assignment of costs to individual consumers, installation systems and machines can be debited specifically. This provides at the same time for an instrument for an individual assessment of the individual loads or consumers. This permits a user-specific assignment of energy costs in particular in industrial or office environments. A detailed and assignable cost detection is possible in determining machine wear, in measurement areas, in leisure time and hotel environments, in electric energy filling stations for land and water vehicles, in market environments and camping installations.

The means in addition have at least one interface allowing, among other things, a bidirectional transfer of measurement data, appliance numbers, peak consumption, tariffs and costs.

The means according to the invention furthermore distinguish themselves by position-independent operation.

Another advantage consists in that they may also be designed such that external readability thereof is possible via inputs and outputs that are indirect-coupled to the measurement electronics unit. The methods of error correction of means for measuring the flowing electric current in at least one electric conductor connected to at least one electric load, with the measurement values being converted to an electric pulse sequence equivalent to the measurement value, distinguish themselves in particular in that a measurement error underlying the same can be corrected.

In this regard, at least one correction table for correcting a possible error window is written into a memory. By applying a virtual value, e.g. power, by means of a calibrator, a defined operating point of the means is set, at which the error-inflicted means issues an output pulse sequence located in the error window. By way of an existing inner time base, the erroneous quantity of the pulse sequence is counted and internally compared to a pulse sequence predetermined in the memory and arising in the error equal to zero. The result of the comparison effects in said control and processing means the addressing of a next-suitable value or error correction value. This value is implemented in a correction register of the control and processing means. This method provides for self-learning and automatic calibration of existing errors. This method permits series production in fully automated manner, so that means according to the invention can be produced that are calibrated in economically advantageous manner.

Advantageous further developments of the invention are indicated in claims 2 to 6, 8 and 9.

According to the further developments of claims 2 and 8, the arrangement is commonly connected to the at least one electric conductor and a reference potential e.g. in the form of the neutral conductor so as to provide an arrangement which

- in addition to electric current measurement permits at the same time measurement of the electric voltage applied, and
- furthermore converts the measurement values of the flowing electric current and the electric voltages applied in this regard into equivalent electric pulse sequences of the power.

The low-impedance measurement resistor, the arrangement, the control and processing means as well as the power supply means advantageously constitute an electronic energy meter.

The further development of claim 3 results in a means having one or more tables with error correction values for correction of a possible error window of the arrangement in the memory of the control and processing means. These means have a self-learning structure permitting automatic calibration.

Distribution of the pulses to be suppressed over the entire range of the measurement interval, in accordance with the further developments of claims 4 and 9, results in a shorter period of time for the error correction. Otherwise, for a very brief period of time and low error current, one would obtain a non-corrected value. At the same time, the period necessary for calibration of the means during start-up and calibration is reduced. The production time is reduced considerably, which thus also holds for the turn-around time of the measurement installation with high depreciation rate, which after all increases the costs of the meter.

The arrangement of the analog-to-digital converter, the digital multiplier and the power-frequency converter in accordance with the further development of claim 5, delivers a pulse sequence that can be processed further and is equivalent to the power value at the current time. This arrangement is of fully electronic design and thus can be operated in position-independent manner.

By means of several low-impedance measurement resistors corresponding to the number of electric conductors to at least one load, with a low-impedance measurement resistor being connected to one arrangement each and the arrangements being commonly connected to a processing unit, in accordance with the further development of claim 6, there is provided an energy meter for polyphase power systems that is error-corrected and adapted to be calibrated.

Embodiments of the invention are illustrated in the drawings and will be described in more detail hereinafter. In the drawings:

Fig. 1 shows a block circuit diagram of a means in the form of an electronic energy meter for single-phase power systems, and

Fig. 2 shows a block circuit diagram of a means in the form of an electronic energy meter for three-phase power systems.

In the following embodiments, there will be explained details both of means in the form of electronic energy meters for single- and three-phase power systems as well as methods of calibration and error correction in combined form.

#### Embodiment 1

A means in the form of an electronic energy meter for single-phase power systems according to a first embodiment consists of the following basic components:

- an arrangement 2 comprising a first analog-to-digital converter connected to the electric conductor/phase L and to the neutral conductor N, a second analog-to-digital converter or also a current converter circuit connected to two taps for tapping the current-equivalent voltage drop of a low-impedance measurement resistor 1 which is connected in the current conductor and at the two taps thereof outputs a current-proportional voltage, said measurement resistor advantageously being a low-impedance source and being effective irrespective of magnetic and thermal interference effects, with the output voltage of said second analog-to-digital converter or said current converter circuit being proportional to the flowing current, a digital multiplier or other circuit arrangement which is connected downstream of said analog-to-digital converters and in which the output

voltage of the first analog-to-digital converter constitutes the reference voltage of the second analog-to-digital converter, and which otherwise performs the multiplication of the two measurement factors, and a power-frequency converter,

- a control and processing means 3 e.g. in the form of a micro-computer, micro-controller or a programmable logic system having at least one memory,
- a display means 4,
- at least one interface 5 and
- a power supply means 6.

The arrangement 2 for measuring the current voltage and the electric current flowing at the same time, for multiplication and power-frequency conversion is known. The analog-to-digital converter, the multiplier and the power-frequency converter in essence are part of an electronic component in the form of an electronic circuit having the essential functions accommodated on the chip thereof. These component parts in Fig. 1 are accordingly illustrated as one arrangement 2.

The output of arrangement 2 is connected to the control and processing means 3. The latter advantageously is an 8-bit micro-computer having a RISC microprocessor in CMOS technology, a non-volatile memory in the form of an EEPROM for securing data, a volatile memory in the form of a RAM as working memory as well as several inputs/outputs, with several ones thereof being interruptable inputs.

The arrangement 2 comprises an error of  $\pm 10$  percent as error window, with an error of 10 percent corresponding to 1,150 to 1,265 pulses. The control and processing means 3 serves for error correction and calibration of the respective measurement value present and for control of the overall system. The pulse frequency corresponds to a value of 900,000 pulses/kWh of power output.

In the non-volatile memory of the control and processing means 3, there are stored the correction tables for correction of the possible error window. By applying a virtual power by means of a calibrator, there is determined a definitive working point of the energy meter (limiting average load factor) at which the error-inflicted electronic energy meter issues an output pulse sequence that is within the error window. On the basis of the existing internal time unit, the erroneous quantity of the pulse sequence is counted and internally compared to a pulse sequence predetermined in the memory and arising at the error equal to zero. The result of the comparison effects in said control and processing means 3 the addressing of the next-appropriate value or of the error correction

value and writes the same into a correction register of the control and processing means 3. In a second step, after correction of the pulse sequence, the corrected pulse sequence can be determined, and it can be checked once more whether the same can be diminished further by way of a more appropriate correction value.

The error correction value is constituted by all of the pulse that are suppressed or added in further processing which are too many or too few with regard to the aforementioned 900,000 pulses. The measurement range is divided into  $n$  intervals. The pulses to be suppressed are distributed largely in even manner over the  $n$  intervals during the measurement time. Otherwise, there would be created a non-corrected value for a very short period of time and a low error current. The pulses to be suppressed are evenly distributed in the  $n-1$  intervals. The remainder of the pulses to be suppressed is suppressed or supplemented in the last interval in evenly distributed manner.

The control and processing means 3, in a further embodiment, may serve at least one of the following functions individually or in combination:

- Firstly, for addressing an interface 5, e.g. in the form of a S0 interface and an associated display of the electronic energy meter. This is constituted by pulse outputs switched in synchronous manner. There are output 10,000 pulses/kWh with a positive residual error, as absolutely even distribution of the pulses to be suppressed in the sense outlined hereinbefore is substantially not possible for many initial error values. However, the residual error at all times is so small that the error class is maintained.
- Secondly, for driving an operational display. To this end, the electronic energy meter has a display in the form of a luminescence diode. The latter serves for displaying as to whether there is current flowing across the electronic energy meter.
- Thirdly, for driving a display means 4 in the form of a mechanical meter or a display, in particular a liquid display. It is also possible to drive several display means 4 alternatively, so that the electronic energy meter can also be realized in the form of a multi-tariff meter for several tariffs.

The pulse ratio between the S0 output and the meter output at the control and processing means 3 is 1000 : 1, i.e. one pulse is equivalent to an energy quantity of 0.1 kWh



output via the electronic energy meter. There is always preset the control of the output for one tariff. Tariff switching may be effected via the serial interface 5 of the electronic energy meter.

- Fourthly, for storing and data backup. In this regard, the following additional data can be stored individually or in combination:
  - the appliance number along with the number of the year,
  - the meter values of several tariffs,
  - the tariff used at the present time,
  - the maximum value with respect to a periodic interval, the power output via the electronic energy meter, and
  - the power output via an arbitrarily chosen period of time, with said power being stored separately of the tariff counting operation.

In case of a power failure, all important data have to be contained in the memory so that the same are not lost. This is why the data to be secured are always stored when a change in value has been effected. Moreover, the voltage is buffered for a short period of time. This period of time is sufficient for securing the values that possibly may have changed at the same time.

In a further modification of the electronic energy meter, fifthly for tariff switching, maximum value determination and time-related energy measurement. Switching from one tariff to a different tariff is effected under software-control, via commands given to the control and processing means 3 via series interface 5. The maximum value determination of the energy output over a periodic measurement interval and the activation/deactivation of the time-related detection of the energy output via the electronic energy meter is controlled via the series interface 5 as well. Upon request, the electronic energy meter may transmit the meter values stored via said interface 5.

In a further modification, there may be provided, according to a sixth aspect, additional interfaces 5, e.g. M bus, Z bus, RS 485 and/or powerline.

The power supply means 6 for the electronic energy meter comprises a transformer or is in the form of a C-net unit. Both designs are known. Measurement of the flowing electric current takes place via a known low-impedance measurement resistor 1 connected in the conductor/phase L to the load.

## Embodiment 2

A means in the form of an electronic energy meter for three-phase power systems, in a second embodiment as shown in Fig. 2, consists of the basic components of three equal arrangements 2 for current and voltage measurement in the respective conductor/phase L1, L2, L3, formation of the product and integral over the measuring time and generation of a pulse sequence proportional to the transmitting electric work, a control and processing means 3, in particular a micro-computer, a micro-controller, a programmable logic unit, at least one memory, a display means 4, at least one interface 5 and a power supply means 6. The three identical arrangements 2 as measurement systems, each arrangement 2 performing the current and voltage measurement in the respective conductor/phase L1, L2, L3 without galvanic separation, establishing the product, forming the integral over the measuring time and generating a pulse sequence proportional to the electric work transferred and including a corresponding linear measurement error of up to  $\pm 10$  percent, which can be corrected later on. These three equivalent measurement value processing modes are powered with electric energy from the respective phase by the power supply means 6. The measurement values in the form of a pulse sequence are fed, in indirect-coupled manner via an opto-coupler to the control and processing means 3, operating on a reference basis of the neutral conductor N, at an interruptible input each and are corrected in this system, as in illustrated and described with respect to the first embodiment, on three channels using the respective correction factor, and are summed and processed for display means 4, meters and data interfaces 5 in accordance with the first embodiment. Each of the three measurement systems thus contains a non-volatile memory for the most important operating data and control algorithms.

The power supply means 6 for this electronic energy meter in three-phase systems is designed in known manner either with one or more transformers according to a first embodiment or without transformer as a C-net unit according to a second embodiment.

The measurement of the flowing electric current to the load is effected via low-impedance measurement resistors 1. These are located in the conductors/phases L1, L2, L3 to the load. The realization and the construction of low-impedance measurement resistors 1 are known.

### Claims

1. A means for measuring the flowing electric current in at least one electric conductor connected to at least one electric load, comprising:
  - a low-impedance measurement resistor (1) inserted into the electric conductor (L) to the electric load,
  - an arrangement (2) connected to the low-impedance measurement resistor (1) and measuring the electric current flowing in the electric conductor (L) by means of the same and converting these measurement values to equivalent electric pulse sequences,
  - a control and processing means (3) which
    - firstly is connected to said arrangement (2),
    - secondly counts the electric pulse sequence in at least one measurement interval, sets the measurement error as a number of pulses of a stored and predetermined plurality thereof in accordance with the calibration using a calibrator in at least one measurement interval to a value equal to zero, approximately zero or to the minimum, writes this number of pulses into or addresses the address with this number of pulses in a register for correcting a possible error window, assigns this number of pulses of the measurement error in actual measurements in the measurement interval and, in case of deviations, corrects the same by suppressing or supplementing the written-in or addressed pulse sequence in the measurement interval,
    - thirdly sums up the measurement intervals, and
    - fourthly assigns this sum in accordance with predetermined features.
2. A means according to claim 1,  
characterized in that the arrangement (2) is commonly connected to the at least one electric conductor (L) and a reference potential/neutral conductor (N) such that an arrangement (2) is formed which in addition to the electric current at the same time measures the electric voltage applied, such that furthermore an arrangement (2) is formed which converts the measurement values of the flowing electric current and the electrical voltages applied in this regard into equivalent electric pulse sequences of the power, and in that the low-impedance measurement resistor (1), the arrangement (2), the control and processing means (3) and the power supply means (6) constitute an electronic energy meter.

3. A means according to claim 1 or claims 1 and 2, characterized in that the control and processing means (3) contains one or more tables with error correction values for correcting a possible error window of the arrangement (2) in a memory, with the erroneous quantity of the pulse sequence being counted in accordance with a time basis, being compared to a pulse sequence predetermined in said memory and arising in said error equal to zero, the most appropriate one or a next-appropriate error correction value being addressed and this error correction value being written into a correction register of the control and processing means (3).
4. A means according to claim 1 or claims 1 and 2, characterized in that the measurement interval is split into n sub-intervals, that the pulses to be suppressed or supplemented in the n-1 sub-intervals as well as the remainder of the pulses to be suppressed or supplemented in particular in the last sub-interval are evenly distributed.
5. A means according to claim 1, characterized in that the arrangement (2) consists of a first analog-to-digital converter connected the conductor/phase (L) and to the neutral conductor (N), a second analog-to-digital converter connected to two taps of a low-impedance of the measurement resistor (1) connected in the phase, a digital multiplier connected downstream of the analog-to-digital converters and of a power-frequency converter.
6. A means according to claim 1, characterized in that, in case of several electric conductors (L1, L2, L3) to at least one load, a low-impedance measurement resistor (1) is connected into each electric conductor (L1, L2, L3), that one low-impedance measurement resistor (1) each is connected to an arrangement (2) and in that the arrangements (2) are commonly connected to a control and processing means (3).
7. A method of calibrating and error-correcting means for measuring the flowing electric current in at least one electric conductor connected to at least one electric load, with the measurement values being converted to an electric pulse sequence equivalent to the measurement value, said method comprising the steps of:

- counting the electric pulse sequence and determining the error of the means within a measurement interval by means of a reference source in at least one measurement range and in accordance with a time basis,
- comparison with a pulse sequence predetermined in a memory of the means and arising in the error equal to zero,
- addressing the most appropriate one or a next appropriate one of the error correction values from at least one table with error correction values for correcting a possible error window of component parts of the means, and
- writing this error correction value into a correction register of a control and processing means (3) of said means.

8. A method according to claim 7, characterized in that in an arrangement (2) and via a low-impedance measurement resistor (1), the electric current flowing in at least one electric conductor (L) to an electric load and the electric voltage applied with respect to a reference potential/neutral conductor (N) are measured and the measurement values of the flowing electric current and the electric voltage applied in this regard are converted into equivalent electric pulse sequences of the power, that the electric pulse sequences are counted and the error within a measurement interval of the means with respect to a reference means is ascertained in at least one measurement range, that the measurement error is compared to a pulse sequence predetermined in a memory of the means and arising with the error equal to zero, that this value of the error of the most appropriate one or a next appropriate one of the error correction values of at least one table with error correction values is addressed for correction of a possible error window of component parts of the means, that this error correction value is written into a correction register of a control and processing means (3) of said means and in that the pulses of the error correction value in case of actual measurement values within the measurement intervals are suppressed during operation.
9. A method according to any of claims 7 or 8, characterized in that the measurement interval is split into  $n$  sub-intervals, that the pulses to be suppressed or supplemented are evenly distributed in the  $n-1$  sub-intervals and in that the remainder of the pulses to be suppressed or supplemented is implemented in particular in the last sub-interval.

### Abstract

The invention relates to means for measuring the flowing electric current in at least one electric conductor connected to at least one electric load, and to methods of error correction of means for measuring the flowing electric current in at least one electric conductor connected to at least one electric load, with the measurement values being converted to an electric pulse sequence equivalent to the measurement value. These distinguish themselves in particular by the possibilities of error correction and calibration.

The error correction is based on a self-learning structure in the means, with the error correction value appropriate for the means or the nearest error correction value thereto being determined on the basis of and selected from an error correction table and being taken over in a control and processing means in invariable manner such that, during each measurement, this error correction value is considered during the measurements taking place at that time. In doing so, the output pulse sequence, in terms of its number of pulses, within a predetermined time interval has so many pulses of the input pulse sequence deducted therefrom or added thereto in suitably small iteration steps that a nominal pulse number has the same value.

---

2 drawing sheets

---